مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی پنجم، بهار و تابستان ۱۳۸۵

دکتر محمّدحسین رامشت
دانشگاه اصفهان

تحلیل تطبیقی رفتار هیدرولوژیک رودخانه‌ی کر در شبکه‌ی ژئونروتیک[۱]

چکیده

بیشتر رودخانه‌هایی که ازارتفاعات زاگرس(تاق و پاتاق) ایران سرچشمه می‌گیرند، جزو رودخانه‌های دائمی وپرآب کشور به شمار می‌آیند وپاره‌ای از آنها بسیار طغیانی و سرکش‌اند. این رفتار آبی سبب شده که در طول دوران چهارم، قبض و بسط وسعت برخی حوضه‌ها و اسارت رودخانه‌ای دراین منطقه امری عادی تلقی شود.

نکته‌ی قابل تأمّل در مورد سطوح اساس محلّی در زاگرس میانی، تغییرات مداومی است که در کواترنرمتحمل شده اند. بسیاری از سطوح اساس محلّی در این ناحیه، نوسانات آبی را در طول دوران چهارم به صورت شواهد ژئومرفیک، یعنی تراسهای دریاچه‌ای، در خود جا داده‌اند و باتوجه به این که تغییرسطح آب دریاچه‌های داخلی در ایران، به عنوان شاهدی از تغییرات اقلیمی عهد چهارم به حساب می‌آیند، نبود چنین شواهدی دردریاچه‌ی طشک، که سطح اساس رودخانه‌ی کر است، یک پدیده‌ی غیرمعمول باید تلقی شود، زیرا با توجه به تجربه‌ی تغییرات و نوسانات اقلیمی در این ناحیه، وجود چنین پدیده هایی از نظر ژئومرفولوژی امری طبیعی است.

نبود آثار تراسی در حاشیه‌ی سطح اساس رودخانه‌ی کر، این سؤال را مطرح می‌کند که عامل اصلی تفاوت این حوضه با حوضه های مجاور،که همگی دارای اسارتهای رودخانه‌ای وتراسهای دریاچه‌ای پیرامون سطوح اساس خود هستند، به چه عاملی می‌تواند نسبت داده شود. تحلیل رفتار آبی حوضه‌ی کر با سیستم شبکه‌ی عصبی بر اساس دیدگاه سیستمی، روشی است که برای پاسخ به این سؤال برگزید شده است.نتایج حاصل از این طرح پژوهشی که با حمایت مالی مرکز اقلیم شناسی ایران انجام شد، نشان می‌دهد که بسیاری از رفتارهای حوضه‌های آبی درچارچوب شبکه‌های عصبی قابل

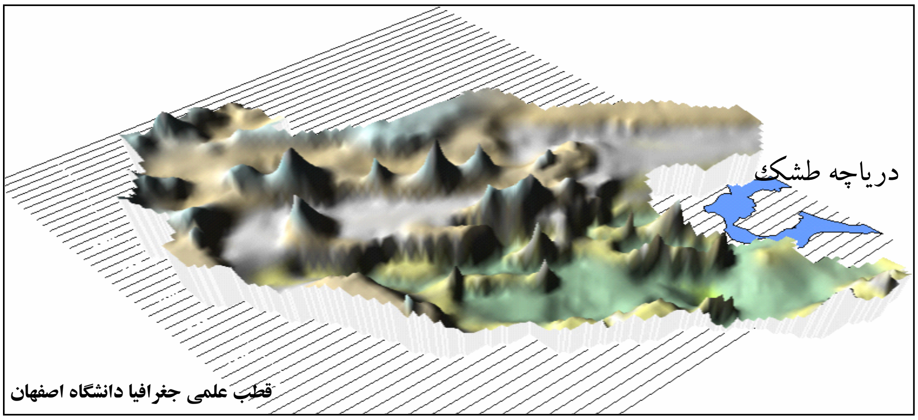
1. The Comparative Analysis of Hydrologic Behavior of Kour-River in Geoneurotic System

تفسیر است و برخلاف تعبیرهای تعیّنی، رفتار آبی در این حوضه قبل از آن که به حجم نزولات جوّی ومسائلی نظیر آن بستگی داشته باشد، تابعی از روابط سیبرنتیک سیستم نروتیک شبکه‌ی زهکش‌ها و ژئونرونهای مجازی، توپوگرافیک و کارستیک درمنطقه است.

واژگان کلیدی : شبکه‌ی عصبی، سیناپس، سیبرنتیک، سیستم، آکسون برداری

درآمد:

رودخانه‌ی کر یکی از جریانهای آبی دررشته کوههای زاگرس[1] است، که بخش عمده‌ی آن درسطوح آکاردئونی[2] یا زاگرس چین خورده تکوین یافته است.حوضه‌ی آبی این رودخانه، که بالغ بر ۲۱۸۰۰کیلومترمربع وسعت دارد، نهایتاً به چاله‌ی طشت ختم می‌شود.(شکل ۱)



شکل (۱) نمای سه بعدی حوضه‌ی آبی کر

از ویژگیهای بارز این حوضه‌ی آبی، حفظ استقلال سطح اساس محلّی آن در طول کواترنر و عدم انعکاس تغییرات اقلیمی این ناحیه در عملکردهای ژئومرفیک این رودخانه است، به ویژه آن که دریاچه‌ی طشک در حاشیه‌ی خود نوسانات ناشی ازاین تغییرات، که وقوعشان در کواترنر بدیهی است، را نشان نمی‌دهد. از آن گذشته رفتار آبی این رودخانه، علی رغم داشتن شرایط نسبتاً برابر با دیگر حوضه‌های مجاور، بسیار آرامتر عمل می کند. برگزیدن نگرش سیستمی در توجیه چنین عملکردی و طرح یک الگوی ژئونرونتیک، به جای

تمسک به توجیهات تعیّنی سنّتی، سبب می‌شود تا ضمن آن که ادبیات جدیدی را در مباحث ژئومرفولوژیک رودخانه‌ها به کار گیریم، واقعیّات پیچیده‌تری از رفتار عناصر محیطی برما روشن شود.

نگرش سیستمی که توسط فردریک فون برتالنفی مطرح شد و یک سال پس از مرگش اجازه انتشار یافت، تحوّل گسترده‌ای را در چارچوب ارزیابی پدیده‌ها به وجود آورد وهمین تحوّل بود که دریچه‌ی جدیدی پیش روی بشر باز کرد. او که یک دانشمند اتریشی بود که بعدها به آمریکا سفر نمود، کرسی استادی رشته‌ی زیست‌شناسی و فلسفه‌ی دانشگاه کالیفرنیای جنوبی را عهده‌داربود و حاصل کار او بیش ازسیصد مقاله وسی کتاب است که بیشتر آنها به زبانهای زنده دنیا ترجمه شده است. مهمترین اثر وی کتاب «نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها»ست که یک سال پس از مرگ وی در سال۱۹۷۳ مجوّز چاپ گرفت ودر مراسم سالگرد وفاتش به عنوان هدیه‌ای بی نظیر در اختیار پژوهشگران قرار گرفت. (برتالنفی، ۱۳۶۶)

در اصل نظریه‌ی سیستم‌ها را می‌توان نوعی چارچوبه‌ی معرفتی دانست، ازاین رو از نظر مفاهیم بسیار غنی ودر عمل بسیار کارآمد ومفید است. مفهوم تفکر سیستمی در جغرافیا از زمان جیلبرت مطرح بوده است. جیلبرت در سال۱۸۷۷ مفهومی را با عنوان plexus درژئومرفولوژی مطرح کرد وسعی نمود ژئومرفولوژی را در چارچوب چنین مفهومی توضیح دهد.این مفهوم تقریباً معادل با مفهوم سیستم است، که توسط برتالنفی به کار گرفته شده است. اسمالی و ویتافنزی[1] نشان دادند که مفهوم سیستم در ادبیات ژئومرفولوژی معاصر در مفهوم ترمودینامیک متأخرین مطرح بوده است. استرالر اصطلاح سیستم را در ژئومرفولوژی به عنوان یک روش در تحلیل ترمودینامیکی به کار گرفت، اگرچه درآن زمان از مباحث برتالنفی بحثی به میان نیاورد.

در سال ۱۹۶۰هک[2] به شرح و تشریح مقاله‌ی استرالر پرداخت وتعبیرات وی را در روش سیستمی در مفهوم جدیدی که به نظریه‌ی تعادل‌دینامیک[3] شهرت یافت بسط داد(هک، ۱۹۵۷). تا این زمان هیچ‌کدام از این دو تن به مبانی فلسفی دستگاه معرفتی سیستمی، که توسط برتالنفی تدوین وتشریح شده بود، نپرداختند ولی درسال ۱۹۶۲چورلی با انتشار مقاله‌ای درسازمان زمین‌شناسی آمریکا به نکات ارزشمندی از مفهوم سیستم در

1. Smalley, Vitafenzy.
2. Hack
3. Dynamic Equilibrium

ژئومرفولوژی پرداخت.چورلی در این مقاله به تشریح نظرات استرالر و هک پرداخت و در واقع مبانی مفهوم سیستم در ژئومرفولوژی رابیان داشت(چورلی، ۱۹۶۲)

یکی از وجوه ساختاری در اندیشه‌ی سیستمی، ساختار سلسله مراتبی است که با عنوان تئوری سلسله مراتبی[۱] در جغرافیا برای اولین بار توسط هورتن مطرح شد.

به کارگیری نظریه‌ی سلسله مراتبی در قلمروجغرافیای طبیعی و آن هم در حوزه‌ی مطالعات ارضی به مطالعات هورتن در سال ۱۹۴۵ نسبت داده می‌شود. وی برای اولین باراین الگو را برای رتبه‌بندی شاخه‌ی رودهای حوضه‌های رودخانه‌ای در آب‌شناسی جغرافیایی به کار گرفت. اگرچه طبقه‌بندی وی از یک ساختار سلسله مراتبی پیروی می کند، ولی یکی از تفاوتهای معمول کاربرد این الگو در این رتبه‌بندی، معکوس بودن اجزاء در این الگو است . پس از وی، درسال ۱۹۷۳، ایساچنکو[۲] این الگو را برای طبقه بندی چشم‌اندازهای جغرافیایی و تحلیل منطقه‌ای به کار گرفته است.چوم ولیچین[۳] این روش را در طبقه‌بندی چشم اندازها و برای بیان نحوه‌ی تحوّل آنها در بستر زمان به کار گرفتند.(هایگ، ۱۹۸۷)

در مطالعات مرفولوژی رودخانه‌ای، کار روسگون نوآوری خاصی داشت. وی یک طبقه‌بندی مرفولوژیک در چهارسطح برای رودخانه‌ها پیشنهاد کرد و بر این اساس پیوند مطلوبی بین مرفولوژی رودخانه‌ای و مدیریت کاربردی ایجاد نموده است.اساس کار روسگون بر اندازه گیری‌های مرفومتریک وشاخصهای عددی است ورودخانه‌ها را در هفت تیپ و الگوی فرمی با عنوان تیپ A ,B ,C ,D ,E ,F ,G, طبقه بندی کرده است.(روسگون، ۱۹۹۶)

شبکه‌ی عصبی ویانرونیتکی نیزیکی دیگر از ساختارهای کنونیکال در تفکر سیستمی است. کاربرد این نوع ساختار، که از شبکه‌ی عصبی انسانی الهام گرفته است، در الگوسازیهای رایانه‌ای سابقه‌ی بیشتری دارد و متخصّصان این رشته درمورد ویژگیها و تفاوتهای آن با زبان ماشین، مطالعات جامعتری انجام داده‌اند.

به کارگیری چنین ساختاری در مطالعات ژئومرفولوژی سابقه‌ی چندانی ندارد و بدیهی است که طرح این ساختارها در حوزه‌ی ژئومرفولوژی و جغرافیا مستلزم ترجمه‌ی مفاهیم خاص این رشته به زبان جغرافیاست. این

---

1. Hierarchy Theory
2. Isachenko
3. Schumm& Lichiny

الزام بیشتر بدان خاطر احساس می‌شود که تبیین اصول یک نظریّه، که منشأ غیرجغرافیایی دارد، مستلزم کاربرد واژه‌های جدیدی است که حامل مفاهیم اصلی ولی در چارچوب حوزه‌ی علوم جغرافیایی باشد.

ادبیات و مفاهیم:

کاربرد الگوی ساختارشبکه‌ی عصبی، مستلزم آشنایی با پاره‌ای از واژه‌ها و مفاهیمی است که در فیزیولوژی شبکه‌ی عصبی انسان مطرح است. واژه‌هایی چون: نرون، اکسون، سیناپس، از مفاهیم و واژه‌هایی هستند که عناصر اصلی شبکه های عصبی را شکل می‌دهند. این واژه‌ها برای بیان مفاهیم خاصی در شبکه‌های نرونتیک زهکشهای رودخانه‌ای معادل سازی شده است. نرون به گره‌های موجود درشبکه‌ی عصبی گفته می‌شود و وظیفه‌ی خاصیّ را در دریافت پردازش و انتقال اطّلاعات دارد. این واژه در ژئومرفولوژی با عنوان ژئونرون [1] خوانده می‌شود. ژئونرونها به *ژئونرونهای ارتفاعی یا مجازی* [2]، *توپوژئونرون* [3] و *کارستیک ژئونرون* طبقه بندی می‌شوند.

منظور از ژئونرونها در شبکه‌های زهکش رودخانه‌ای، فضاهایی است که سبب اجتماع روان آبها در محدوه‌ی خاصّی می‌شوند. برای مثال چاله‌ای که محلّ اجتماع روان آبهای یک منطقه است، با عنوان ژئونرون توپوگرافی خوانده می‌شود. بلوکه شدن نزولات جوّی که به واسطه‌ی ارتفاع وبرودت کوهستان صورت می‌گیرد، یعنی مکان‌هایی که به‌واسطه‌ی ارتفاع خاص، برودت زیاد داشته و ریزشها به صورت جامد در آن فضاها بلوکه می‌شوند را با عنوان *ژئونرونهای ارتفاعی* یا مجازی می‌شناسیم. در بسیاری از موارد روان آبها در مناطق کارستیک وآهکی در بخشهای زیرین سطوح ارضی جمع می‌شوند، که در این حالت، اصطلاح *ژئونرونهای کارستیک* در مورد آنها به کار می‌رود.

خطوط آبراهه‌ای، که ارتباط دهنده‌ی ژئونرونها هستند، با عنوان *اکسونهای برداری* [4] شناخته می‌شوند. در این‌جا همانند شبکه‌ی عصبی، عبارت اکسون تنها به کار گرفته نمی‌شود، زیرا در شبکه‌های زهکش رودخانه‌ای ارتباط بین ژئونرونها یک طرفه است، لذا برای بیان این ویژگی کاربرد واژه *بردار* تعریف کننده یک طرفه بودن

---

1. Geoneuron
2. Virtual Geoneuron
3. Topo Geoneuron
4. Vectoric Axon

جریان در این معابر است. محلّ اتصال آکسونهای برداری با ژئونرونها ویا محل تقـاطع آکـسونهای بـرداری، بـا عنوان *سیناپس ارضی*[1] بیان می‌شوند.

بدین ترتیب ساختار ژئونروتیک در شبکه‌های آبراهه‌ای از ساختار شبکه‌ی عصبی انسان الهـام گرفتـه شـده است. نحوه‌ی جریان اطّلاعات در چنین ساختاری دارای ویژگیهایی است و بدیهی است که تفاوتهـای چنـدی بین شبکه‌ی عصبی انسان با شبکه‌ی نروتیکی رودخانه‌ها وجود دارد، که از جمله مهمترین این تفاوتها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

* شبکه‌ی نرونی در سلسله اعصاب انسانی حامل اطّلاعات پردازش شده ویا دریافـت شـده از سلولهاسـت، حال آن که شبکه‌ی ژئونروتیکی حامل انرژی و ماده است.

* سرعت درشبکه‌ی سلسله عصبی حـداقل ده برابـر سـرعت انتقـال انـرژی و مـاده در شـبکه ژئـونروتیکی است.(گریسهایمر و ویدمن، ۱۳۷۰)

* سیناپس‌ها در شبکه‌ی سلسله عصبی با ترشّح ماده‌ی شیمیایی در موارد لازم، ارتباط بین آکـسونها ونرونهـا را برقرار می کند، حال آن که سیناپسهای ارضی که اتصال آکسونهای برداری و ژئونرونها را ممکن مـی‌سـازند، همواره برقرار است و چه جریان عبور ماده وانرژی وجود داشته باشد ویا نداشته باشد، این اتصال وجود دارد.

*جریان اطلاعات بین نرونها سیبرنتیک ودوطرفه اسـت، حـال آن کـه جریـان مـاده وانـرژی در ژئونرونهـا وآکسونهای برداری یک طرفه ویک سویه است.

*عامل جریان در نرونهای عصبی گرادیان شیب نیست، حال آن که عامل اصلی در جریان انرژی ومـاده در ژئونرونها گرادیان شیب سطوح ارضی است.

*در شبکه‌ی عصبی جریـان اطّلاعـات از مراکـز خـاص فرمانـدهی چـون مغـز و نخـاع کنتـرل وصـورت می گیرد، حال آن که در شبکه های ژئونرتیک چنین مراکزی را نمی‌توان متصوّر بود وایـن عمـل بـه صـورت یک فرایند کنش و واکنش با زمان پاسخ خاص صورت می‌پذیرد.

*جریان اطّلاعات در شبکه‌ی عصبی سبب ایجاد رفتار وعملکردهای خاص می‌شودد، حال آن که جریـان ماده وانرژی در شبکه‌ی ژئونرتیک سبب تغییرو تحوّل سطوح و یا به عبارتی شکل‌زایی می‌شود.

---

1. Land Synabs

* شبکه های نرونی در سلسله عصبی دارای ساختار ثابت و کم تغییری است، حال آن که وسعت، دامنه و یا حتی ایجاد و نابودی شبکه‌ی ژئونرتیک امری محتمل و عادی است.

بدیهی است که تفاوتهای دیگری بین رفتار و کنشهای سلسله های عصبی و شبکه‌ی ژئونروتیک قابل تصوّر است، ولی در این جا بیان اهمّ آنها مورد نظربوده است.

شبکه‌ی ژئونروتیک رودخانه‌ی کر

از دیدگاه فیزیک‌دانان یک سیستم دستگاهی است که قادر به تبادل انرژی، مادّه و اطّلاعات باشد. یکی از تعاریف مشهور در مورد سیستم، تعریفی است که فاگن وهال[1] بیان داشته‌اند. بنا به گفته‌ی آنها سیستم مجموعه‌ای از *عناصر* است که دارای *صفات و خصوصیّات خاصی*[2] بوده وبین آنها *رابطه* برقرار است. به عبارت دیگر در اینجا سه چیز مطرح است:

۱. عناصر؛

۲. صفت یا ویژگی عناصر؛

۳. رابطه‌ی بین آنها.[3]

دریک الگو به‌غیر ازموارد بالا، نوع رابطه‌ی حاکم بین عناصر و الگوریتم ساختاری الگو که به Canonical structure موسوم است نیز از اهمیت خاصّی برخوردار است.

الگوهای سیستمی بر اساس ساختار سیستم و پیچیدگی آنها طبقه‌بندی می‌شوند. سیستم رودخانه‌ی کر دارای ساختار داربستی است. در این جا انرژی ورودی می‌تواند شامل پرتو خورشیدی، انرژیهای حرارتی وتشعشعی، انرژیهای درون خواست(تکتونیک و پلوتونیک) و انرژی جنبشی باد باشد. مادّه‌ی ورودی در چنین سیستمی، بیشتر به میزان نزولات جوّی وتبادلات عناصرجوّی با سطوح ارضی مربوط می‌شود. اطّلاعاتی که در سیستم‌های آبی موجب واکنش در رفتار سیستم می‌شود، مربوط به خصوصیّات فیزیکی سطوح ارضی و تغییرات ارتفاعی آنهاست. برای مثال سطوح ارضی بر حسب آن که محدّب باشند یا مقعّر، نوع حرکت آب و شبکه‌ی اکسونهای برداری بر سطوح فوق متفاوت جلوه می‌کند و به همین شکل میزان نفوذپذیری سطوح،

1. Hall&Fagen
2. Atributes
3. Relationships

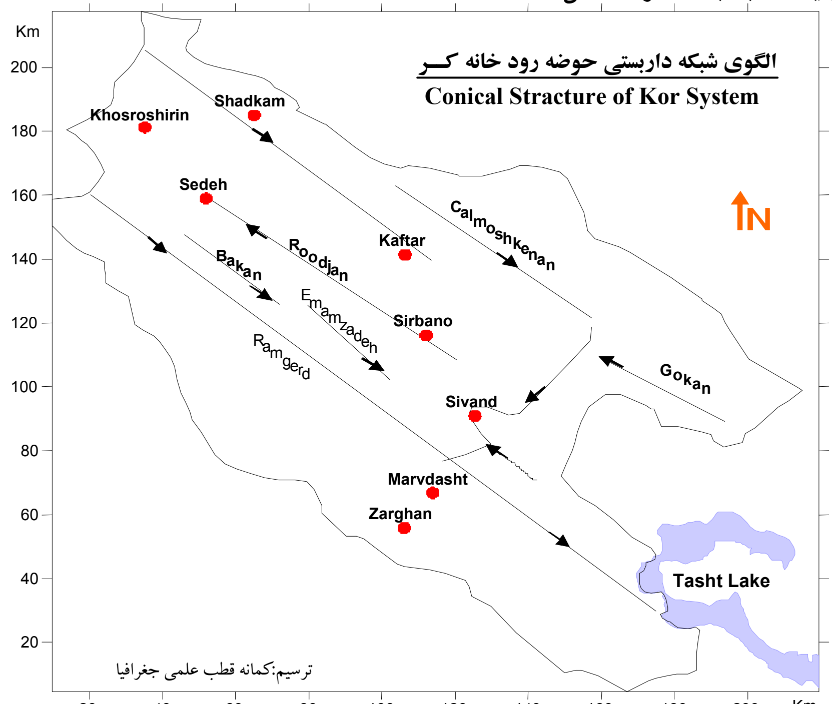
نحوه‌ی مقدار آبدوی وروان آب را تعریف می کند. به عبارت دیگر ویژگیها و خصوصیّات سطوح ارضی، اطّلاعاتی به شمار می آیند که سبب تغییر رفتار سیستم می‌شود. عناصردر سیستم‌های ژئومرفیک همان لندفرمها و ابعاد آنهاست. رابطه در ژئومرفولوژی همان فرایندهای ژئومرفولوژی است و اطّلاعات، خصوصیّات و صفات خاک و صخره‌ها مانند تخلخل و یا خصوصیّات شبکه‌ی زهکش‌ها را شامل می‌شود.

سیستم‌های ژئومرفیک در برابر ورودی انرژی، مادّه و اطّلاعات از خود واکنش نشان می‌دهد. نوع سیستم‌ها نیز در نحوه‌ی توزیع وجریان انرژی در سیستم وتعاملات بین عناصر نقش اصلی را ایفا می کند. برای مثال اگر سیستمی ایزوله باشد، تنها قادر به استفاده انرژیهایی خواهد بود که دردرون سیستم پیش‌بینی شده است و به عبارتی نمی‌تواند از انرژیهای موجود در خارج از مرزهای خود بهره‌ای ببرد.سیستم‌های بسته تنها به تبادل انرژی مبادرت می کنند، حال آن که سیستم‌های باز می‌توانند به تبادل انرژی ماده و اطلاعات با محیط پیرامونی دست بزنند.

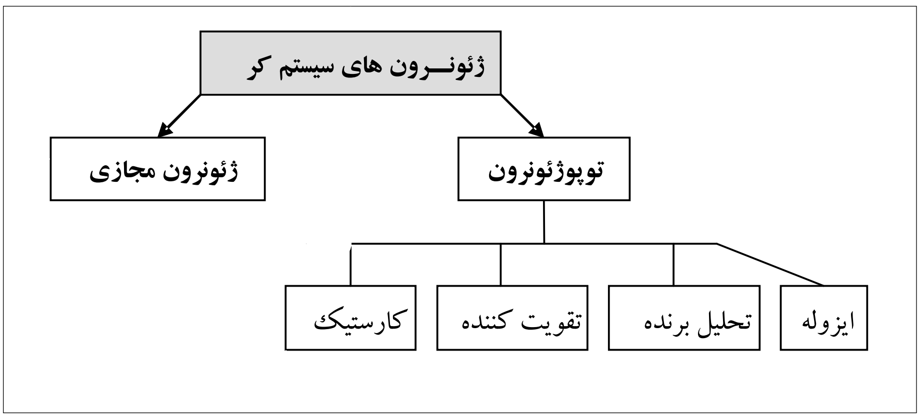
ساختار ژئونرتیک سیستم آبی کر

این ساختار، که یک شبکه‌ی داربستی است، مجموعاً بالغ بر پانصد کیلومترمسیر را برای جریان ماده در محورهای اصلی تعریف می کند. این نکته را باید در نظر داشت که این مسیر یک مسیر با یک جهت و یک شیب برابر نیست، این مسیر شامل ۹ قطعه‌ی جدا گانه است، که ساختار اصلی خود را از ساختمان آکاردئونی زاگرس (تاقدیس –ناودیس) به آریه گرفته است. (شکل ۲). پنج محور، از این نه محور، دارای جهت شمال غرب جنوب شرق وسه محور دارای جهت جنوب شرق شمال غرب است و یک محـــور که عمود بر جهت‌های قبلی است با جهت شمال شرق جنوب غرب جریانهای آبی را به محوراصلی هدایت می کند. دو محور شادکام وبکان نیز به ژئونرونهای ایزوله ختم می‌شود و این بدین مفهوم است که جریان سطحی آنها با جریان کلّی شبکه قطع است و دوچاله‌ی درون حوضه‌ای را تعریف می کند. با این وصف این چارچوبه ساختاری دارای گرههای متعدّدی است که در اینجا*ژئونرون* نامیده می‌شود. به عبارت دیگر حرکت آب در درون ساختار داربستی دارای توقف‌ها ویا تجمیع‌های نقطه‌ای است، به گونه‌ای که می‌تواند جریان آبی را همانند یک خازن دچار تغییر درپاره‌ای از ویژگیها، ازجمله: سرعت، حجم و حتی ترکیب، شیمیایی کند. ژئونرونها در رودخانه کر یک شکل نبوده و به تبع تفاوتهای شکلی دارای رفتارهای یکسانی نیز نیستند. به طور

کلی، ژئونرونهای موجود در سطوح ارضی کر را می‌توان به دو گروه عمده ژئونرونهای مجازی یا ارتفاعی و توپوگرافیک، طبقه بندی کرد. (شکل ۳)



شکل (۲)ساختار کونیکال سیستم آبی رودخانه کـــر



شکل (۳) تقسیمات ژئونریک در سیستم آبی کر

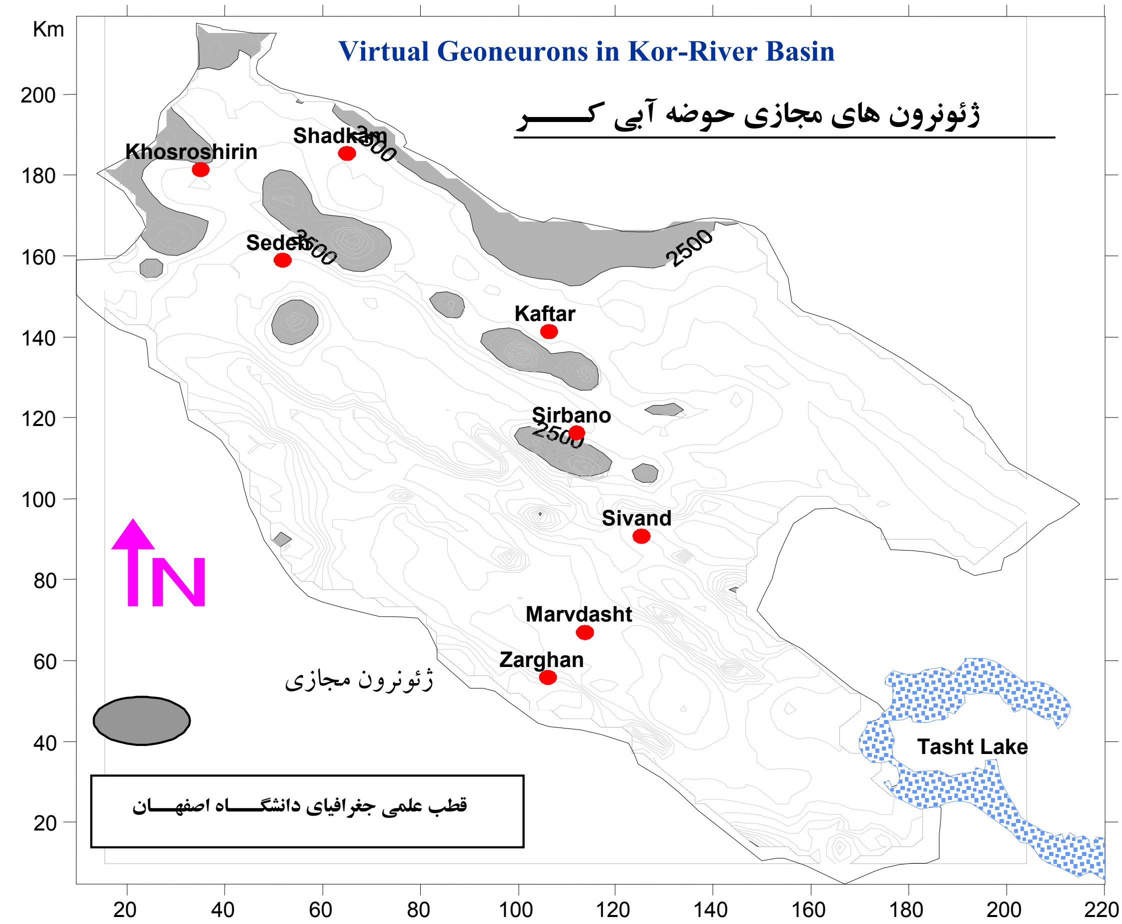
ژئونرون مجازی در کـر :

ارتفاعات بیش از دوهزاروپانصد متر در حوضه‌ی آبی کر، مرز بارشهای جامد در فصل سرد است. در ایـن محوطه‌ی ارتفاعی، کانونهای مرتفع، هسته‌های ژئونرونیک ارتفاعی یا مجازی را تشکیل می‌دهنـد. ایـن کانونهـا بدان خاطر مجازی نام گرفته‌اند که اگـــــر چه سطوح ارضی به وجود آورنده‌ی آنها از نظر شکل شناسـی بـه گونه‌ای نیست که منجر به تجمیع روان آبها گردد، ولی با تغییر حالت فیزیکی آب شرایطی را فراهم مـی‌آورنـد که حرکت آب مشابه زمانی می‌شود که در چاله های توپوگرافی جمع می‌شوند.به عبارت دیگـر بلوکـه شـدن آب در سـطوح مرتفـع بـه واسـطه‌ی تغییـر حالـت آب، امکـان جریـان آبـدوی را در بخـشی از سـال متوقـف می‌سازد.شکل (۴)

اگرچه بروز چنین رفتاری از سطوح ارضی مرتفع تابع زمان است، ولی به خوبی می‌توان دریافت که چنـین ویژگی، رفتار وحرکت آب در ساختار کنیکال شبکه را کنترل خواهد کرد و میزان، شـدّت و زمـان جریـان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. عملکرد ژئونرونهای مجازی، که مجموعاً سطحی معـادل ۱۹۰۰کیلـومتر مربـع را دربر می گیرند، نزدیک به نیم میلیارد متر مکعب نزولات جامد جوّی را به طـور متوسـط در فـصل سـرد بلوکـه می کنند و بدین ترتیب در مجموع سبب ماندگاری وحضور آب در محیط، تأخیر زمـانی حـد سـیلابها و بعـضاً بالابردن ظرفیّت لحظه ای پیک های آبی در این حوضه در بخشی از سال می‌شوند.(کمانه، ۱۳۸۴)

ژئونرونهای توپوگرافیک

ژئونرونهای توپوگرافیک را می‌توان نمونه‌های بارز گره‌های شبکه‌ی عـصبی آبـی در حوضـه‌ی کـر تلقّـی کرد. شبکه داربستی کر در مجموع بالغ بر ۲۲ ژئـونرون توپوگرافیـک دارد و همـین گـره هـا یکـی از عوامـل عمده‌ی تغییر رفتار آبی در حوضه‌ی رودخانه‌ی کـر به شمار می‌آید. توپوژئونرونهای کـر را مـی‌تـوان در چنـد گروه طبقه بندی نمود. این طبقه بندی براساس نحوه‌ی تأثیرگذاری آنها بر رفتار آبی انجام می گیرد.



شکل (۴) توزیع ژئونرون‌های مجازی در حوضه آب کر

الف) توپوژئونرونهای ایزوله

این الگو از ژئونرونها به چاله هایی گفته می‌شود که حوضه‌های مستقلی را در حوضه‌ی آبی کـر بـه وجـود آورده‌اند و سبب می‌شوند عملاً بخش‌های خاصّی از روان آبهای حوضه‌ی اصلی کر در درون آنها متمرکز واز پیوستن به سطح اساس اصلی کر (دریاچه طشت)جلوگیری شود. نمونه‌ی بارز این الگو از ژئونرونهـا را مـی‌تـوان دریاچه‌ی کافتر، دشت بکان و حوضه‌ی آبخیز آنها تلقّی نمود. اگرچه ژئونرونهای ایزوله به طور عـام بـه عنـوان ژئونرونهای تحلیل برنده خوانده می‌شوند، ولی به این نکته هم باید اقرار نمود کـه اوّلاً حوضـه‌هـای مـستقلی در

درون حوضه‌ی اصلی کر بوده و ثانیاً حجم ذخیره‌ی آبی آنها بعضاً دارای حدً و آستانه‌ی خاصّی است ودر صورت تغذیه‌ی بیشتر از آستانه، به صورت یک خازن عمل نموده وسبب تقویت روان آبهای حوضه‌های مجاور می‌شود. حوضه‌ی کافتر دارای ارتفاع آستانه‌ی ۲۳۵۰ متری است واگر سطح آب در این ژئونرون بالاتر از این آستانه قرارگیرد با سرریز به حوضه‌ی آبخیز *پالئوژئونرون* صفاشهر سبب تقویت عملکرد آکسونهای رودخانه‌ی سیوند می‌شود.الگوی ژئونرونهای ایزوله در منطقه‌ی کانونهای برودتی مانند کافتر در دوره‌های سرد کواترنر دارای ارتباط یخی با حوضه های مجاور بوده‌اند، بدین شکل که انباشت یخ با ضخامت بیش از پنجاه متر سبب ارتباط این حوضه با حوضه‌های مجاور فعلی شده است.(نعمت الهی، ۱۳۸۳)

ب) توپو ژئونرونهای تقویت کننده

در چارچوب شبکه‌ی داربستی کر، نوع دیگری از ژئونرونهای ارضی قابل شناسایی هستند. این الگو که به صورت آبراهه‌های نقطه ای واگرا در نقشه های توپوگرافی دیده می‌شوند، به تجمیع روان آبها پیرامون یک نقطه مبادرت و سپس به صورت یک آکسون برداری در جهت خاصّی به هدایت آنها می‌پردازند.این ژئونرونها در مجموع سبب افزایش حجم و سرعت روان آبها در یک محور بخصوص می‌شوند ونتیجه چنین فرایندی سبب کاهش حضور وماندگاری آب در طبیعت است.

پ) پالئوتوپوژئونرونها

حوضه‌ی رودخانه‌ی کر از ترکیب تعدادی حوضه‌ی آبی مستقل تشکیل شده که در جریان تحوّلات کواترنر استقلال خود را از دست داده وبه جمع آبراهه‌های سطح اساس دریاچه‌ی طشت پیوسته‌اند. این ژئونرونها روی نقشه‌های توپوگرافی به صورت شبکه‌های آبراهه‌ای نقطه‌ای همگرا یا خطی همگرا ظاهر می‌شوند. از نمونه‌های بارز چنین الگوی ژئونرونی می‌توان از ژئونرون دهبید، آسپاس و خسروشیرین نام برد. پالئوژئونرون دهبید که دریاچه‌ی نسبتاً بزرگی را درصفا شهر امروزی تشکیل می‌داده است، بنابه علل تکتونیکی در بیددره پاره شده و آب مخزن آن تخلیه شده است. نقش چنین الگو های ژئونرونی درطول زمان تغییر کرده است، به گونه‌ای که زمانی جز ژئونرونهای تحلیل برنده و امروزه در زمره‌ی ژئونرونهای تقویت کننده به حساب می‌آیند.

ت) توپوژئونرونهای تحلیل برنده

در بخش جنوب و جنوب شرقی حوضه‌ی کر همـراه بـا کـشیده شـدن ناهمواریهـا بـه دشـتهای همـوار بـا مجموعه‌ای از شبکه‌های آبراهه‌ای نقطه‌ای واگرا روبرو می‌شویم. این شبکه‌ها که به تقسیم قدرت آب مبـادرت می‌کنند، سطح گسترش آب را بالا برده و در نتیجه سبب افزایش میـزان تبخیـر از یـک سـو و کـاهش قـدرت جریان از سوی دیگر مـی‌شـوند.تعـداد ایـن نقـاط نـسبت بـه دیگـر ژئونرونهـا بیـشتر اسـت وکمتـر از نیمـی از توپوژئونرونهای کر را تشکیل می‌دهنـد (ده ژئـونرون). بـستر اسـتقرار ایـن ژئونرونهـا بیـشتر رسـوبات آبرفتـی و ریزدانه‌ی دشت هاست و به همین دلیل از طریق این ژئونرونها کمتر ژئونرونهای کارستی تغذیـه مـی‌شـوند. بـه عبارت دیگر تحلیل برندگی قدرت رودخانه کر توسط این ژئونرونها بیشتر به افزایش سـطح تبخیـر نـسبت داده می‌شود.

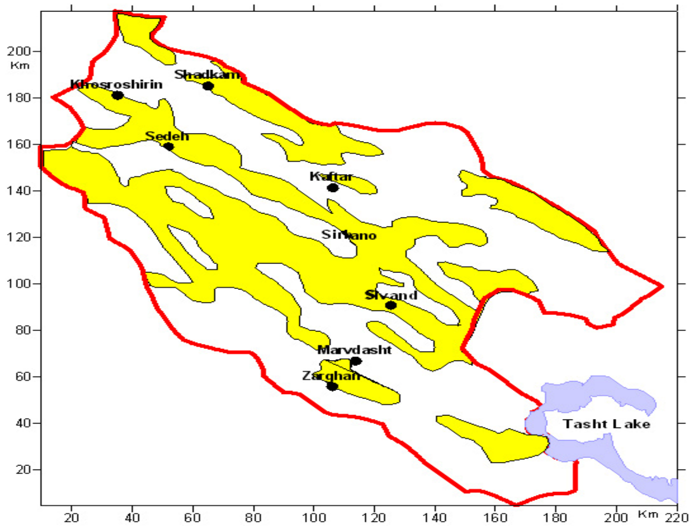
ث) ژئونرونهای کارستیک:

حوضه‌ی آبی کر یکی از محوطه‌های کارست خیز ایران به شمار می‌آید. اگرچه فرایند کارست در گذشته بسیار فعّالتر از امروز بوده و پدیده های کارست بیشتر یادگار شرایط اقلیمی گذشته در این محوطـه اسـت، ولـی تأثیر آن بر روان آبها و رفتار آبی امروز انکار ناپذیر اسـت(زنگنـه اسـدی، ۱۳۸۱). پدیـده‌ی کارسـت سـطح آب بسیاری از ژئونرونهای توپوگرافی رانیز کنترل می‌کند که از آن جملـه مـی‌تـوان از دشـت بکـان وابـر ژئـونرون طشت نام برد.

ابر ژئونرون طشت که سطح اساس رودخانه کر محسوب می‌شود، از جمله ژئونروهای توپوگرافیک اسـت که سطح آب آن به‌واسطه‌ی پدیده‌ی کارست کنترل می‌شود، حال آن که در میانه‌ی بستر ژئونرون بکان حفره های انحلال کارست دیده می‌شود. این دریاچه علی رغم این که حوضه‌ی آبی آن در کواترنر دچار تحـوّلات اقلیمی بوده است، برخلاف تقریباً همه دریاچه های ایران که دارای تراسهای دریاچه‌ای، که نماد یا میراثی از این تغییرات است، به حساب می‌آید(رامشت، ۱۳۸۲)، فاقد تراس در حاشیه‌ی دریاچه‌ی خود است. نبود پادگانه‌های دریاچه‌ای در این سطح اساس، معلول عملکرد پدیده کارست کوههای مجاور این دریاچه وفـرار آب بـالاتر از سطح ۱۰ متری است. به عبارت دیگر سطح آب این دریاچه چنانچـه بیـشتر از ۱۶۶۰متـر شـود[1] آب بـه درون

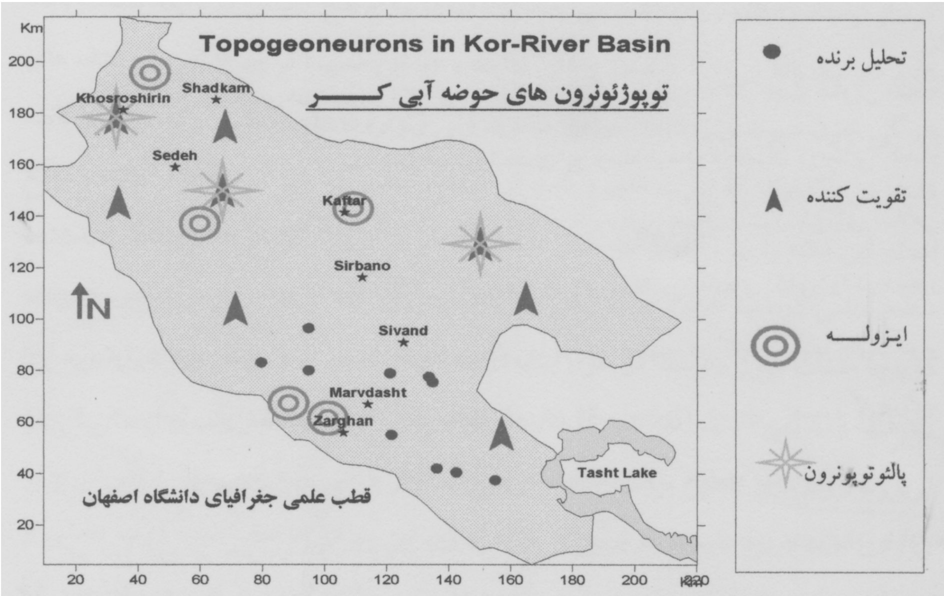
۱. ارتفاع ذکر شده بر اساس اطلاعات جی پی اس گارمین است.

کلوزهای آهکی ارتفاعات حاشیه‌ی آن نفوذ واز بالا آمدن سطح دریاچه جلوگیری می‌شود. این مفرها سبب شده اند که سطح آب این دریاچه هرگز از حدّ خاصی بالاتر نرود واین عدم تغییر ضابطه‌مند معلول عوامل اقلیمی و یا حاصل تعادل ورودی – تبخیر سطح دریاچه نیست. به عبارت دیگر سطح تعادل آب و خشکی در دریاچه‌ی طشت از عوامل اقلیمی پیروی نمی‌کند و تابعی از فرایند کارست است. جریان آب در آکسونها و همچنین ژئونرونها در مناطق آهکی منطقه به شدّت تحت تأثیر کارست بوده وپس از نفوذ آب به درون سفره‌های زیر زمینی در محوطه‌ها ی خاصی به تله می‌افتند، که به این ذخیره کننده‌های زیر زمینی ژئونرونهای کارستیک گفته می‌شود. مناطق آهکی در حوضه‌ی کر نزدیک به ۹۰۰۰کیلومتر مربع را شامل می‌شود وپاره‌ای از توپوژئونرونهای ایزوله مانند دشت بکان از جمله مفر های عمده تأمین آب ژئونرونهای کارستیک در حوضه‌ی کر شناخته شده‌اند.شکل(۵)



شکل (۵) توزیع اراضی آهکی در حوضه آبی کـر(شرکت نفت۱۹۷۵)

در مجموع شبکه‌ی ژئونرونی کر شامل ده ژئونرون تحلیل برنده،دوپالئوژئونرون،سه ژئونرون ایزوله وهفت ژئونرون تقویت کننده است. شکل (۶)

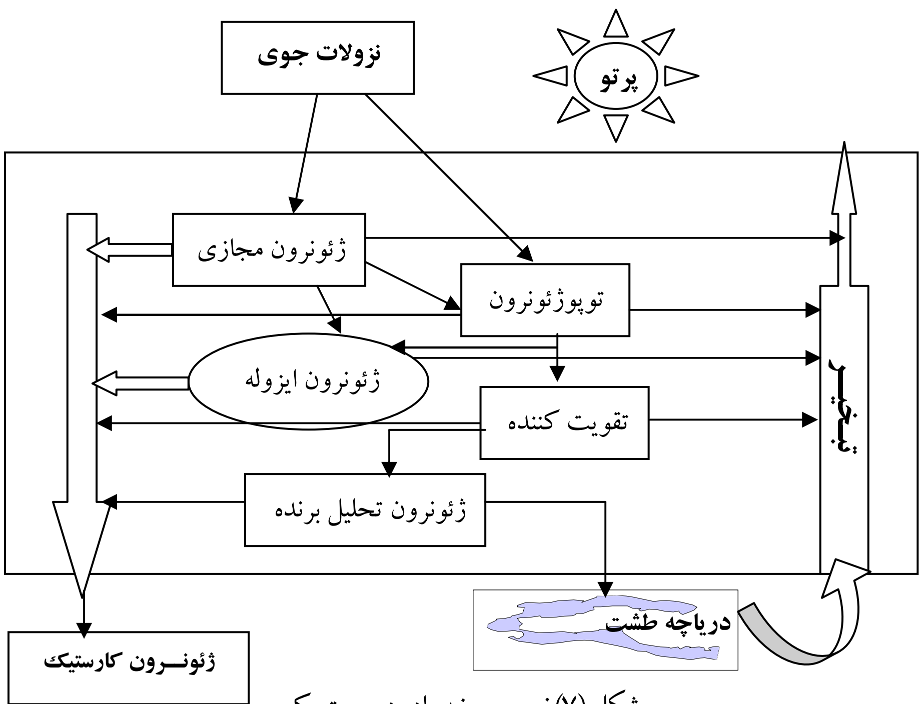


شکل (۶) توزیع توپوژئونرونها در حوضه‌ی آبی کر

نحوه‌ی گردش انرژی و ماده در حوضه‌ی آبی کر:

از مجموع متوسط هفت میلیاردمتر مکعب آبی که روی حوضه‌ی کر، به عنوان ورودی اصلی ماده به این سیستم درطول سال وارد می‌شود[۳] نزدیک به ۵۸ درصد از آن درطول فصل سرد ریزش و نزدیک به ده درصد از کل ورودی به صورت جامد در بخشی از حوضه بلوکه می‌شود. بنابراین می‌توان گفت اگر انرژی ورودی به سیستم که نقش منفی در روان آب را داشته وتبخیر در حوضه راکنترل می کند، از برآوردها حذف نماییم، مجموعاً از این مقدار ماده ورودی نود درصد از آن اجازه‌ی روان شدن پیدا می کنند، ولی از این مقدارآب که قابلیّت روان شدن خواهند داشت با توجه به مجموع سطوح ایزوله باید گفت نزدیک به یک میلیارد متر مکعب در دام توپوژئونرونهای ایزوله (کافتر و بکان) گرفتار خواهند شد و مابقی اجازه‌ی روان شدن می‌یابند. بدیهی است مقدار روان آب ما به مراتب از این مقدار کمتر خواهد بود، زیرا میزان تبخیر ونفوذ در این محاسبات لحاظ نشده است. با توجه به نقشه‌ی ایزوکرونال منطقه، مجموع آبی که از دام ژئونرونهای مجازی و ایزوله گرفتار نیامده واجازه روان شدن می‌یابند تا رسیدن به سطح اساس دریاچه‌ی طشت باید به طور متوسط بالغ بر ۳۸۰ کیلومتر را طی نمایند و در این مسیر اگرچه با تقویت کننده های بزرگی چون سیوند و رودجان

همراه می‌شوند، ولی ژئونرونهای تحلیل برنده را نیز باید پشت سر بگذارند که این به مفهوم گسترش سطح تبخیر به میزان سه هزار کیلومترمربع است. این نکته را نیز نباید از نظر دور داشت که میزان انـرژی گرمـایی بـا نزدیـک شدن به سطح اساس دریاچه‌ی طشت نیز افزایش می‌یابد، به گونه‌ای کـه از مـرز بارشـهای جامـد تـا دریاچـه‌ی طشت به طور متوسط در طول سال درجه‌ی حرارت محیط پنج درجه افزایش نشان می‌دهد وبدیهی است کـه این مقدارتفاوت دمایی در میزان افزایش تبخیر در قلمرو توپوژئونرونهای تحلیل برنده تاچه حد مـی‌توانـد مـؤثر باشد. نکته‌ی قابل تأمّل دیگر در مورد ورودی ماده به این سیستم بارشهای بهاره است. ایـن بارشـها بعـضاً سـبب ذوب بخشی از نزولات جامد در ژئونروهای مجازی می‌شود، ولی این نکته رانباید از نظر دورداشت که بخـش عمده‌ی آب حاصل از ذوب نزولات جامد در این منـاطق در دام توپوژئونرونهـای ایزولـه ماننـد کـافتر و بکـان گرفتار می‌آیند ودر نهایت چنانچه مقادیر متنابهی آب وارد دریاچه‌ی طشت شود، حداکثر تا ارتفاع ۱۶۶۰ متری امکان بالا آمدن آب وجود خواهد داشـت واز ایـن آسـتانه بـه بعـد، بخـش آب اضـافی بـه درون ژئونرونهـای کارستیک حاشیه‌ی دریاچه هدایت شده و بدین ترتیب سطح تعادل آب وخشکی به پایداری مـی‌رسـد.(شـکل ۷)



شکل (۷) نحوه چرخه ماده درسیستم کـــر

نتیجه گیری:

به خوبی می‌توان دریافت که پیچیدگی‌های محیطی گاه سبب می‌شوند که ما نتوانیم با روشهای تعیّنی صرف به تحلیل رفتارهای عوامل محیطی، از جمله رفتارهای آبی در حوضه‌های آبریز بپردازیم. به عبارت دیگر تنها نمی‌توان برای درک نحوه‌ی رفتار آبی به ضرایبی چون ضریب شکل حوضه ویا محاسبات زمان تمرکز بر اساس پاره‌ای ویژگیهای رقومی وهندسی حوضه‌ها مبادرت کنیم واگرچه در بسیاری از موارد چنین برآوردهایی می‌تواند راهگشا باشد، ولی پیچیدگیهای محیطی بعضاً سبب می‌شود که برای تحلیل بسیاری از قضایا به شیوه‌های دیگر شناخت شناسی از جمله روش سیستمی متوسل شد.حوضه‌ی آبی کر، علی‌رغم وسعت ۲۱۸۰۰کیلومترمربعی و بارش۳۱۸/۵میلی‌متری سالانه، به واسطه‌ی ساختار شبکه‌ی کونیکال و نه به خاطرطول حوضه و یا شکل آن از یکسو و به واسطه‌ی نرونهای مجازی وتوپوگرافیک و همچنین پدیده‌ی کارست از خود رفتار خاصی را نشان می‌دهد که همین موضوع سبب شده زمان پاسخ سیستم به بسیاری از ورودی‌های اتفاقی ماده به سیستم بلند مدت تراز معمول باشد و در پاره‌ای از موارد، از جمله ایجاد خط تعادل آب وخشکی در سطح اساس محلّی نتوان چنین پاسخهایی را از نظر فرم شناسی ردیابی کرد. از این رو می‌توان به‌طور خلاصه گفت:

* توپوژئونرونهای کارستیک در کر مهمترین ارتباط بین زیر حوضه‌ها را بازی و نقش عمده‌ای در ایجاد پایداری خط تعادل آب وخشکی دریاچه‌ی بختگان (طشت)در دوران سرد و پاراگلیشیال داشته است.

* تغییرسطح اساس کر (دریاچه طشت) نباید به عنوان خروجی سیستم کر تلقی شود، زیرا در طول دوران چهارم نسبت به تغییرات ورودی به سیستم از خود واکنشی نشان نداده و به همین خاطر فرمهای ویژه (تراسهای دریاچه‌ای) درپیرامون دریاچه‌ی طشت به وجود نیامده است، لذا تغییرات ناشی از ورودی سیستم کر باید در شکل‌زایی ژئونرونهای کارستیک جستجوشود و دریاچه‌ی بختگان تنها بخشی از مدار چرخش ماده و انرژی در درون سیستم کر است.

* نبود تراسهای دریاچه‌ای نباید به عنوان عدم تغییر اقلیم منطقه در طول کواترنرتلقی شود، زیرا رابطه‌ی بین **ورودی** این سیستم آبی و **میانداد**های آن سبب شده که دربرابر بسیاری از تغییرات وشوکهای اقلیمی فرم‌زایی در این بخش اتفاق نیافتد و اگرچه همین امر در طول کواترنر سبب شده که حوضه‌ی رودخانه کر، برخلاف بسیاری از حوضه‌های مجاور چون کارون، زاینده‌رود و... دست خوش قبض وبسط وسعت حوضه‌ی آبریز

نشود و استقلال آن هم‌چنان حفظ شود، ولی تغییرات اصلی که به عنوان خروجی سیستم تلقی می‌شود در حوزه‌ی عملیات کارست به وقوع پیوسته است.

* ژئونرونهای مجازی و توپوژئونرونهای کارستیک سبب می‌شوند که مجموع زمان پاسخ و زمان لختی اززمان استمرار ورودی ماده به سیستم، بزرگتر شود و همین موضوع سبب ناپایداری یا تغییرات مداوم وپیوسته درسیستم در دوران سرد می‌شود. این تغییرات پیوسته و مستمر نه درحوزه‌ی فرم سازی آبهای سطحی که در فرم زایی کارست به وقوع می‌پیوندد.

امّا در دوره‌های گرم؛ چون زمان استمرارورودی ماده به سیستم، به مراتب کوچکتراز مجموع زمان پاسخ و زمان لختی است، لذا تغییرات در حوزه‌ی سیستم آبی کر متوقّف وبه نوعی از پایداری و ثبوت دست می‌یابد. این پایداری و عدم تغییر نیز در حوزه‌ی سطح اساس نباید جستجو شود، بلکه فرم‌زایی اصلی در ارتباط با سیستم، معطوف به فرایند های کارستیک است.

* در دوره‌ی حاکمیّت یخچال‌ها بسیاری از زیرحوضه‌های کر مانند حوضه‌ی کافتر، ساری اتین و بکان با جریانهای یخی به حوضه‌های مجاور متصل بوده‌اند، که امروزبه صورت مستقل عمل می کنند.

* پاره‌ای از زیر حوضه ها چون چاله‌ی صفا شهر یا دهبید، به واسطه‌ی حرکات نئوتکتونیک استقلال خود را از دست داده و در محل بید درّه به حوضه‌ی سیوند پیوسته‌اند.

یادداشتها

۱. زاگرس واژه ای یونانی است که بعد از تصرف این ناحیه به دست اسکندر مقدونی درمورد کوهستانهای تاق وپاتاق نامگذاری شده است.

۲. سطوح آکاردئونی به منطقه‌ای از زاگرس گفته می‌شود که زمین شناسان به آن بخش، زاگرس چین خورده می گویند.

۳. متوسط بارش در حوضه ۳۱۸/۵ ملی‌متر و مساحت کر برابر ۲۱۸۰۰ کیلومتر مربع در نظر گرفته شده است.

منابع و مآخذ :

۱. اسدی زنگنه ، ۱۳۸۰، *«چشم انداز های کارستی حوضه‌ی اخلمد و...»* رساله‌ی دکتری، دانشگاه‌اصفهان.

۲. برتالنفی.لودویک فون، پریانی. کیومرث، ۱۳۶۶، *نظریه‌ی عمومی سیستم ها*، نشر تندر، تهران،ص۱۲.

۳. جداری عیوضی.جمشید ،۱۳۷۶، *ژئومرفولوژی ایران*، دانشگاه پیام نور،ص ۷۸-۸۸.

۴. رامشت م. ح.، ۱۳۸۰، *«دریاچه های دوران چهارم، بستر مدنیّت در ایران»*، فصلنامه‌ی جغرافیایی شماره ۶۰.

۵. شرکت مهندسین مشاوریکم،۱۳۷۶،*مطالعات جامع احیا وتوسعه‌ی کشاورزی ومنابع طبیعی حوضه‌های آبخیز رودخانه‌ی کر*، سیوند،شاپور، دالکی، مند،و ساحل خلیج فارس، جلد دوم آب های سطحی.

۶. کمانه.سیدعبدالعلی، ۱۳۸۴، *تحوّلات ژئومرفولوژیک حوضه‌ی رودخانه‌ی کر درکواترنر*، رساله‌ی دکتری.

۷. گریسهایمر و ویدمن، ترجمه‌ی فرخ شادان، ۱۳۷۰، *فیزیولوژی انسان*، انتشارات پیام، تهران سال، ص۸۳

۸ مشاوریکم.

۹. نعمت الهی. ف، ۱۳۸۳، «آثار یخساری در ایران»، نشریه‌ی دانشکده علوم انسانی، تبریز، شماره ۳، ص ۵۳-۷۱.

10. Chorley, R.J. 1962, *Geomorphology and general systems theory*, U.s.Geol.Surv. Prof. Pap.,500-B:B1-B10.

11.Hack, IT., 1975. Dynamic equilibrium and landscape evolution. in: W.N.Melhorn and R.c.Flemal (Edition), Theories of Landform Development. State Univer.New York. Binghamton, pp.87-102.

13.Haigh.M.J ,1987 ,"The Holon:Hierarchy Theory and Landscape Research" ,Catena Supplement10, p182.

14.Oberlander , TheZagros Streams , University of California Berkeley ,1965.

15. Rosgen , Dave. 1996. Applied River Morphology , Hilton Lee Slivery , P4-1 _4-30.